



## RANCANGAN GEOMETRI LUBANG BUKAAN VERTIKAL (*VERTICAL SHAFT OPENING*) PADA PEKERJAAN *UNDERGROUND MINE DEVELOPMENT*

Nurkhamim

Program Studi Teknik Pertambangan - FTM - UPN "Veteran" Yogyakarta  
Jl. SWK 104 Condong Catur Yogyakarta  
Telepon : 0274 486701, fax. : 0274486702  
Mobile phone : 085-878-424247  
E-mail : khamimyk@gmail.com

### Abstrak

**S**haft sebagai lubang bukaan utama (*mine opening*) atau jalan masuk utama (*mine access opening/main entries*) pada tambang bawah tanah, menghubungkan antara permukaan tanah (*surface*) dengan lubang-lubang di bawah tanah (*underground opening*) yang dibuat secara tegak  $90^\circ$  (*vertical shaft*) atau miring curam (*inclined shaft*).

*Vertikal shaft* atau biasadisebut *shaf* saja, cocok untuk deposit yang besar, dalam atau mendatar ( $<30^\circ$ ), *vertical* atau miring curam (*steeply inclined*  $> 70^\circ$ ). Cocok pada massa batuan dengan kekuatan sedang sampai buruk (*intermediate and poor*). Biasanya untuk produksi yang besar dan umur tambang yang lama.

Untuk membangun sebuah shaft, hal yang paling penting sebelum pengerjaan adalah rancangan bentuk dan ukuran shaft (geometri shaft). Hal ini penting karena akan mempengaruhi beberapa pekerjaan berikutnya, seperti cara penggalian, penyanggaan atau perkuatan, penggunaan peralatan dan jugafungsi shaft tersebut. Bentuk dan ukuran penampang shaft berpengaruh terhadap jumlah *compartment*, jenis penyangga dan perkuatan yang digunakan, cara penggalian, bahkan hingga ke disain *skip* maupun *cage* yang digunakan. Selain itu, bentuk penampang sebuah shaft juga berkaitan dengan umur shaft.

**Kata kunci:** *shaft, mine opening, geometri*

### Abstract

Shaft as the main opening hole (*mine opening*) or the main entrance (*mine access opening / main entries*) in an underground mine, linking between the ground surface (*surface*) with the holes in the ground (*underground opening*) is made up  $90^\circ$  (*vertical shaft*) or steeply sloping (*inclined shaft*).

Vertical shafts or so-called shaft only, suitable for a large deposit, in or flat ( $<30^\circ$ ), *vertical* or steeply sloping (*steeply inclined*  $> 70^\circ$ ). Match the strength of the rock mass with moderate to poor (*intermediate and poor*). Typically for a large production and a long mine life.

To build shaft, the most important thing before work is the design shape and size of the shaft (shaft geometry). This is important because it will affect some subsequent work, such as excavation practices, buffering or retrofitting, the use of equipment and also the function of the shaft. Shaft cross-sectional shape and size affect the compartment number, type of support and reinforcement are used, how to dig, even down to the skip and cage design are used. In addition, the sectional shape of a shaft is also related to age.

**Key words :** *shaft, mine opening, geometry*



## 1. PENDAHULUAN

Ada beberapa tipe lubang bukaan utama (*mine pening*) pada penambangan bawah tanah, yaitu lubang bukaan tegak (*vertical shaft* atau biasa disebut *shaft* saja), lubang bukaan miring curam (*inclined shaft*), lubang bukaan miring landai (*slope* dan *decline*) dan lubang bukaan datar (*tunnel*, *adit* atau *drift*).

*Shaft* secara umum mempunyai pengertian sebagai lubang bukaan utama (*mine opening*) atau jalan masuk utama (*mine access opening/main entries*) pada tambang bawah tanah, yang menghubungkan antara permukaan tanah (*surface*) dengan lubang-lubang di bawah tanah (*underground opening*) yang dibuat secara tegak 90° (*vertical shaft*) atau miring curam (*inclined shaft*).

Pemilihan tipe lubang bukaan utama ini tentu tidak asal begitu saja, tetapi didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan tertentu, mencakup faktor teknis (kemudahan penggalian, model konstruksi bangunan atau sistem penyanggaan), faktor ekonomis (biaya) dan faktor lingkungan. Penentuan geometri shaft mencakup bentuk penampang shaft, ukuran penampang shaft, jumlah ruang (*compartment*), kemiringan shaft dan kedalaman shaft.

Geometri *shaft* yang penting dan menjadi dasar perancangan *shaft* antara lain terdiri dari : bentuk penampang shaft, ukuran penampang shaft, jumlah dan ukuran *compartment*, kemiringan dan kedalaman shaft.

## 2. TINJAUAN UMUM

Secara global, hasil produksi penambangan bawah tanah masih lebih rendah dibanding produksi pada tambang terbuka. Namun, tidak dapat dipungkiri lagi bahwa kecenderungan (*trend*) pemilihan sistem penambangan bawah tanah dari tahun ke tahun semakin meningkat, baik pada eksploitasi mineral dan energi/batubara (Hartman, 1987). Hal ini antara lain diakibatkan oleh :

- Semakin berkurangnya deposit berkadar tinggi, pada/dekat permukaan untuk di tambang. Bertambahnya kedalaman deposit akan menyulitkan bila ditambang dengan sistem tambang terbuka.
- Berkurangnya mobilitas peralatan mekanis pada tambang terbuka apabila penambangan telah semakin dalam.

- Adanya pengetatan dan pembatasan mengenai masalah-masalah lingkungan (dampak negatif terhadap lingkungan).
- Hadirnya pengembangan teknologi baru dalam peralatan tambang bawah tanah, khususnya dalam hal teknik penggalian dan peralatan penambangan yang kontinyu, serta sistem konstruksi penyangga atau perkuatan yang semakin disempurnakan.

Dalam rangka persiapan pembukaan tambang bawah tanah, pembuatan lubang bukaan atau lubang masuk utama (*main opening/main access opening*), menjadi mutlak adanya. Sehingga sudah selayaknya pekerjaan perancangan lubang bukaan ini benar-benar harus diperhitungkan secara matang, agar tahap penambangan dapat berjalan lancar sesuai yang direncanakan dan menghindari kerugian maupun hal-hal yang tidak diinginkan.

Persiapan pembukaan tambang (*mining development*) adalah semua pekerjaan yang terkait dengan pembukaan cebakan mineral (atau batubara) untuk dapat ditambang (*exploitation*), meliputi semua tahapan penting agar suatu tambang dapat bekerja penuh.

### 2.1. Tipe Lubang Bukaan

Tidak semua tipe lubang bukaan utama dapat digunakan, tetapi mungkin hanya dipilih salah satu tipe yang drasa paling tepat. Hartman, (1987) menggolongkan jenis-jenis lubang bukaan berdasarkan posisinya menjadi tiga golongan, yaitu :

- a. Lubang masuk utama (*Primary Opening /Main Access Opening /Main entries*) :
  - Sumuran tegak (*vertical shaft*)
  - Sumuran Miring / slope (*Inclined shaft*)
  - Sumuran kombinasi (*Combined shaft*)
  - Terowongan (*Tunnel*)
  - Terowongan buntu (*Adit*)
- b. Lubang masuk sekunder (*Secondary Opening/Level*):
  - Lubang sejajar (*Drift*) atau level-level
  - Gallery
- c. Lubang masuk tersier (*Tertiary Opening/Panel Opening*) :
  - Lubang menyilang (*Crosscut*)
  - Sumuran buntu (*Blind shaft*)
  - Lubang naik (*Raise*)
  - Lubang turun (*Winze*)



- Bin
- Ramp

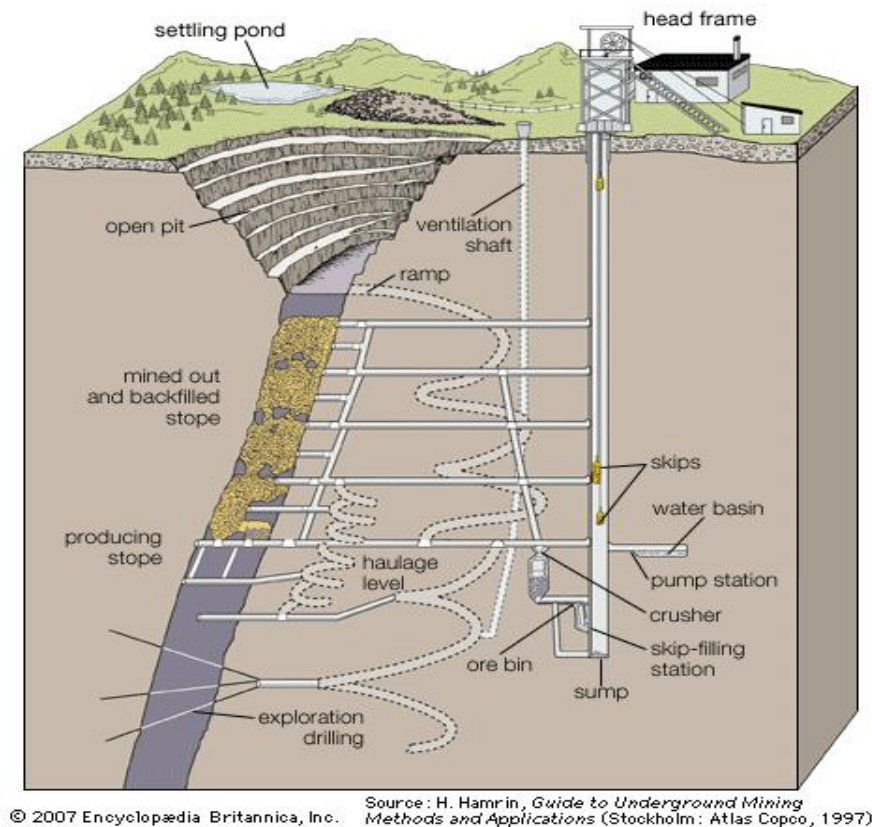
Sebagai ilustrasi beberapa bentuk dan letak lubang-lubang bukaan pada tambang bawah tanah dapat dilihat pada Gambar 1.

Penentuan tipe lubang bukaan utama, umumnya didasarkan atas hal-hal sebagai berikut :

- Kedalaman penggalian
- Posisi deposit terhadap permukaan topografi

- Sifat alamiah dan geologi bijih atau batubara (macam dan bentuknya) dan batuan penutupnya.
- Metode penambangan yang digunakan
- Tingkat produksi

Berdasarkan arah atau kemiringan lubang bukaan, Hartman (1987) membagi lubang bukaan utama menjadi tiga tipe, yaitu : *shaft* (vertical or incline), *slope* (or decline), dan *drift* atau *adit* (Gambar 2.)



© 2007 Encyclopædia Britannica, Inc.

Source: H. Hamrin, *Guide to Underground Mining Methods and Applications* (Stockholm: Atlas Copco, 1997)

Gambar 1.  
Beragam jenis lubang bukaan pada tambang bawah tanah (Hamrin, 1997)

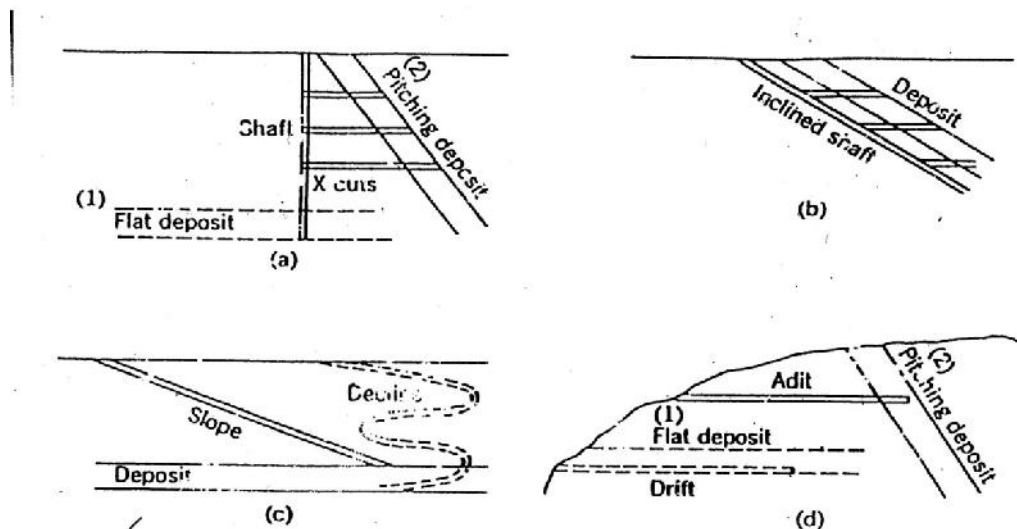


Figure 9.7. Alternative placement of main access openings for different occurrences of mineral deposits. (a) Shaft with hoisting. (b) Inclined shaft with hoisting. (c) Slope or decline with haulage. (d) Adit or drift with haulage.

Gambar 2.

Tiga tipe lubang bukaan utama (Hartman, 1987)

## 2.2. Bentuk Penampang dan Ukuran Lubang Bukaan Utama

Bentuk penampang lubang bukaan merupakan salah satu pertimbangan penting di dalam mendisain bukaan. Bentuk penampang lubang bukaan dapat berbentuk lingkaran, elips, bujur sangkar, segi empat, trapezoidal, tapal kuda, setengah lingkaran, polygonal, dan kombinasi. Khusus untuk shaft, bentuk penampang lubang bukaan yang paling sering digunakan adalah penampang berbentuk lingkaran, dan sebagian kecil segi empat dan elips.

Bentuk penampang lubang bukaan tergantung dari :

- Tipe *opening*-nya (shaft, slope atau drift)
- Jenis konstruksinya (jenis material penyangga, kekuatan atau bahan *liner*-nya)
- Sistem transportasinya
- Karakteristik massa batuan
- Kedalaman penggalian dari permukaan tanah

Hal yang perlu diingat adalah, setidaknya untuk setiap daerah penambangan harus ada dua lubang bukaan dan masing-masing diletakkan terpisah berjauhan hingga di

- Umur lubang bukaan

Tipe lubang bukaan (*opening*) dipengaruhi oleh kedalaman deposit bahan galian dari permukaan tanah, bentuk dan kemiringan badan bijih, topografi permukaan dan jenis peralatan pengangkutan yang akan digunakan.

Jenis konstruksi juga mempengaruhi bentuk bukaan. Untuk penyangga kayu hanya bisa digunakan pada lubang bukaan berbentuk segi empat, sedang untuk penyangga selain kayu (baja, beton, baut batuan) dapat digunakan untuk semua jenis bentuk penampang. Untuk ukuran penampang lubang bukaan dipengaruhi oleh tingkat produksi tambang dan spesifikasi alat angkutnya.

## 2.3. Jumlah Lubang Bukaan Utama

Jumlah lubang bukaan dipengaruhi oleh :

- Faktor keamanan dan kebutuhan ventilasi
- Kemudahan jalan masuk ke tambang
- Tingkat produksi yang diinginkan
- Hubungan spasial (ruang) atau jarak dari deposit mineral (bila lebih dari satu).

luar batas yang akan ditambang (*boundary area*). Hal ini untuk mengurangi resiko kecelakaan apabila di salah satu lubang bukaan terjadi kecelakaan (longsor, ambruk atau terbakar).



## 2.4. Shaft

Shaft sebagai jalan masuk utama yang menghubungkan permukaan tanah dengan lubang-lubang di bawah tanah mempunyai fungsi yang sangat vital, dilihat dari kegiatan penambangan secara umum maupun dari segi keselamatan (*safety*) dan kenyamanan.

*Vertikal shaft* atau biasa disebut *shaft* saja, cocok untuk deposit yang besar, dalam atau mendatar ( $<30^\circ$ ), vertikal atau miring curam (*steeply inclined*) ( $>70^\circ$ ). Cocok pada massa batuan dengan kekuatan sedang sampai buruk (*intermediate and poor*). Biasanya untuk produksi yang besar dan umur tambang yang lama. Alat angkut menggunakan sistem hoist.

*Inclined shaft* dengan hoist, untuk kemiringan deposit sedang ( $30^\circ - 70^\circ$ ), kondisi massa batuan sedang, tingkat produksi rendah sampai sedang, umur tambang sedang; development horizontal opening pendek, dan dimungkinkan sekaligus eksplorasi selama penggalian

## 3. RANCANGAN GEOMETRI SHAFT

Sebagai lubang bukaan utama, shaft dapat mempunyai beragam berfungsi. Yaitu antara lain untuk :

- Jalan utama untuk pengangkutan hasil penambangan (bijih, batubara dan waste).
- Jalan utama untuk masuk dan keluarnya para pekerja tambang dan peralatan penambangan.
- Jalan untuk membawa masuk bahan dan material pendukung kegiatan konstruksi dan penambangan (kayu, baja, semen, baut batuan, bahan peledak, dan lain sebagainya).
- Untuk saluran penirisan tambang.
- Untuk saluran ventilasi udara.

Ukuran penampang shaft tergantung dari tingkat produksi yang direncanakan, jumlah ruang (*compartment*) dan fungsi shaft tersebut.

### 3.1. Bentuk Penampang dan Umur Tambang

Menurut bentuk penampangnya, shaft dapat mempunyai tiga bentuk penampang yaitu : menyudut atau segi empat (*rectangular shaft*), lingkaran (*circular shaft*) dan elips (*elliptical shaft*). Dimana pada umumnya *circular shaft* lebih banyak dipilih, karena lebih stabil untuk umur tambang yang lama (lebih dari 10 tahun). Sekuat apapun suatu konstruksi

lubang bukaan akan tetap mengalami penurunan kekuatan sesuai dengan umur lubang bukaan tersebut, terutama untuk bahan penyangga atau perkuatannya (lapuk atau berkarat). Meskipun kemajuan dalam hal konstruksi penyanggaan dan perkuatan semakin maju, tetapi bentuk penampang lingkaran umumnya tetap menjadi pertimbangan.

### 3.2. Bentuk Penampang dan Kondisi Massa Batuan

Apabila umur pakai shaft lama, penampang shaft berbentuk lingkaran lebih disukai karena secara umum distribusi tegangan di sekeliling lubang bukaan akan lebih merata, sehingga pada suatu kondisi tertentu, penyangga atau perkuatan melemah atau lapuk, lubang bukaan akan tetap lebih stabil dibandingkan bukaan berbentuk segi empat.

### 3.3. Ukuran Penampang dan Rancangan Alat Angkut Skip dan Cage

Ukuran penampang sebuah shaft, dapat ditentukan dari fungsi atau penggunaan shaft tersebut. Shaft sebagai lubang bukaan utama (shaft produksi) akan mempunyai diameter yang lebih besar dibandingkan dengan shaft yang difungsikan hanya untuk lubang ventilasi. Pada shaft produksi yang menggunakan dua jenis alat angkut dengan dua jalur pengangkutan, yaitu *skip* untuk pengangkutan material curah (*bulk material*) dan *cage* untuk pengangkutan pekerja, material dan peralatan tambang, akan mempunyai diameter yang lebih besar. Diameter minimum sebuah shaft biasanya ditentukan dari ukuran *skip*-nya.

Jarak senggang (*clearance*) antara dinding shaft dengan alat angkut *skip* atau *cage* juga harus disediakan, biasanya minimal 20 cm. Hal ini untuk menghindari benturan atau gesekan dengan dinding shaft saat *skip* atau *cage* berjalan apabila terjadi trouble saat *system hoist* beroperasi.

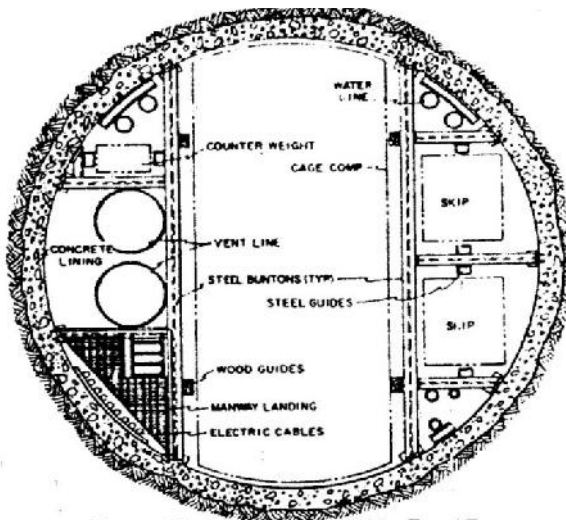
### 3.4. Ukuran Penampang dan Jumlah Compartment

Jumlah compartment akan mempengaruhi ukuran penampang shaft. Semakin banyak compartment maka akan membutuhkan ruang yang lebih besar. Compartment ini antara lain terdiri dari ruang skip, ruang cage, man way, ruang ventilasi dan penirisan (Gambar 3). Semakin banyak ruang, maka membutuhkan dinding penyekat (*bunton*) lebih banyak, yang akhirnya juga mempengaruhi ukuran



penampang shaft. Tebal *bunton* biasanya 10-12

cm (besi) atau 15-20 cm untuk bahan kayu.



Gambar 3.

Penampang shaft dengan compartment-compartment (Richard, 1998)

### 3.5. Kedalaman Shaft dan Model Geologi

#### Endapan

Dimensi terbesar dari sebuah shaft adalah kedalaman shaft. Rancangan kedalaman shaft dapat dilihat dari kedalaman endapan bahan galian, posisi endapan atau model geologi dan topografi permukaan bumi. Kedalaman shaft umumnya mengikuti kedalaman endapan bahan galian yang masih layak ditambang. Untuk bentuk endapan yang miring, shaft dapat dibuat miring, tegak atau kombinasi miring dan tegak, tergantung pertimbangan keuntungan teknis dan ekonomis yang akan didapatkan.

## 4. PEMBAHASAN

Untuk lebih memperjelas hubungan antara bentuk penampang dan geometri shaft, kiranya dapat dijelaskan seperti pada contoh kasus berikut di bawah ini.

Dari hasil kegiatan eksplorasi, ditemukan suatu deposit bijih emas berbentuk lensa/tabular pada kedalaman 345 m. Topografi daerah landai – bergelombang lemah. Nilai rata-rata ketebalan 30 m, lebar 150 m, panjang 600 m, dengan kemiringan  $<10^\circ$ . Kondisi massa batuan sedang-kompeten, persen swell 25 %. Direncanakan akan dilakukan penambangan untuk menghasilkan 250.000 ton bijih/tahun.

Jam kerja efektif 50 minggu /tahun, 7 hari/minggu, 3 shift/hari, 7 jam/shift. Alat angkut berkapasitas 2 m<sup>3</sup>, dengan kecepatan 3.600 m/jam (isi), 4.200 m/jam (kosong), *loading time* 1 menit, *dumping time*, 0,8 menit. *Clearance* terhadap dinding lubang bukaan 0,2 m.

Dari data di atas selanjutnya dapat di rancang bentuk penampang dan geometri shaft, termasuk ukuran alat angkut hingga jumlah shaft yang harus disediakan.

### 4.1. Tipe Lubang Bukaan Utama (Main Opening)

Pilihan tipe lubang bukaan utama berdasarkan dari data di atas, maka faktor kunci (*key factor*) yang dijadikan dasar penentuan tipe lubang bukaan adalah bahwa deposit bahan galian tersebut mendatar ( $<10^\circ$ ), topografi landai, sehingga pilihan lubang bukaan yang paling tepat adalah *shaft*. Tidak mungkin membuat lubang bukaan *adit* atau *tunnel*, sedangkan apabila menggunakan *slope*, *incline shaft* atau *decline* jalurnya akan semakin panjang (lebih mahal ongkos pembuatan dan perawatannya).



#### 4.2. Bentuk Penampang Shaft

Bentuk penampang dipengaruhi oleh kondisi massa batuan, kedalaman penggalian, umur shaft atau umur tambang, jenis penyangga yang digunakan dan metode penggalian yang digunakan.

Pada kondisi massa batuan dengan kualitas jelek, umumnya penampang berbentuk lingkaran menjadi pilihan utama. Demikian pula semakin besar kedalaman, tegangan pada batuan menjadi semakin besar, maka bentuk penampang lingkaran menjadi prioritas utama.

Umur tambang juga menjadi pertimbangan pemilihan bentuk penampang shaft. Secara empiris, umur tambang yang lebih dari 10 tahun biasanya lebih disukai penampang shaft berbentuk lingkaran. Contoh kasus di atas :

$$\begin{aligned}\text{Volume bijih (BCM)} &= 30 \times 150 \times 600 \\ &= 2.700.000 \text{ m}^3 \\ \text{Tonase (BCM)} &= 2.700.000 \text{ m}^3 \times \\ &\quad 2,5 \text{ ton/m}^3 \\ &= 6.750.000 \text{ ton} \\ \text{Umur tambang} &= \text{tonase} \\ \text{bijih/target produksi} &= 6.750.000 \text{ ton} / \\ &\quad 250.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 27 \text{ tahun } (> 10 \\ &\quad \text{tahun}) \\ \text{Jadi bentuk penampang yang dipilih adalah} & \\ \text{lingkaran.} &\end{aligned}$$

#### 4.3. Ukuran Penampang dan Kaitannya dengan Dimensi Alat Angkut

Karena hanya ada dua jenis alat angkut pada shaft, yaitu *skip* dan *cage*, maka ukuran penampang sebuah shaft sangat dipengaruhi oleh dimensi alat angkutnya. Apabila shaft hanya untuk pengangkutan bijih atau *waste*, maka dimensi *skip* dan *compartment* skip menjadi patokan utama ukuran penampang shaft, akan tetapi bila *skip* dan *cage* ada bersama-sama dalam satu shaft, biasanya dimensi terbesar dari *cage* yang dijadikan pertimbangan untuk menentukan ukuran penampang shaft. Ukuran (luas penampang) *cage* biasanya lebih besar dari *skip*, karenadigunakan untuk mengangkut peralatan mekanis ukuran kecil-sedang (loader, mucker, LHD, jumbo drill), timber, pekerja tambang, dll.

Dimensi *skip* sesuai kasus di atas dapat dibuat dengan ukuran 1m x 1m x 2m (2m<sup>3</sup>). Karena *skip* adalah alat angkut yang bergerak secara vertikal, maka harus mengikuti kaidah tentang perbandingan dimensi standar, artinya dimensi *skip* arah vertikal harus minimal sama

atau lebih panjang dari dimensi mendatarnya (1-4 kali panjang sisi datar/mulut bak *skip*). Hal ini dimaksudkan agar *skip* berjalan stabil saat mengangkut muatan.

#### 4.4. Ukuran *Compartment* untuk Jalur Pengangkutan Bijih

Ukuran *compartment* untuk ruang atau jalur pengangkutan bijih ditentukan dari dimensi panjang dan lebar permukaan sisi atas alat angkut (*skip*). Bila hanya ada satu *compartment skip*, maka panjang atau lebar *compartment* adalah ukuran sisi atas *skip* ditambah dengan dua kali *clearance* (20 cm).

Untuk menentukan ukuran *compartment* hingga ke ukuran penampang shaft, perhitungan sesuai kasus di atas ( sub 4. paragraf ke-2) adalah sebagai berikut :

- Kecepatan *skip* (isi)  
= 3.600 m/jam  
= 60 m/menit
- Kecepatan *skip* (kosong)  
= 4.200 m/jam  
= 70 m/menit
- jarak angkut (kedalaman + ketebalan bijih)

$$\begin{aligned}&= 375 \text{ m} \\ \text{- waktu angkut} &= 375 \text{ m} / 60 \text{ m/menit} = 6,25 \text{ menit} \\ \text{- Waktu kembali kosong} &= 375 \text{ m} / 70 \text{ m/menit} = 5,36 \text{ menit} \\ \text{- Cycle time per trip} &= \text{waktu muat} + \text{waktu angkut} + \text{waktu} \\ &\quad \text{penumpahan} + \text{waktu kembali kosong} \\ &= 1 + 6,25 + 0,8 + 5,36 = 13,41 \text{ menit.} \\ \text{- Untuk satu trip (1cycle time) terangkut bijih} & \\ 2 \text{ m}^3 \text{ (LCM)} & \\ \text{- Produksi skip per menit} & \\ = 2 \text{ m}^3 / 13,41 \text{ menit} &= 0,15 \text{ m}^3/\text{menit} \\ \text{(LCM)} &\end{aligned}$$

Produksi tambang per menit :

$$\begin{aligned}\% \text{ swell} &= (V_{\text{loose}} - V_{\text{insitu}}) / V_{\text{insitu}} \\ 0,25 V_{\text{insitu}} &= (V_{\text{loose}} - V_{\text{insitu}}) \\ 0,25 V_{\text{insitu}} + V_{\text{insitu}} &= V_{\text{loose}} \\ (0,25 + 1) V_{\text{insitu}} &= V_{\text{loose}} \quad \text{atau} \\ V_{\text{loose}} &= 1,25 V_{\text{insitu}}\end{aligned}$$

- Produksi tambang (dalam menit) :  
= 250.000 ton/th  
= 250.000 ton/th / 2,5 ton/m<sup>3</sup>  
= 100.000 m<sup>3</sup>/tahun (BCM)  
= 100.000 x 1,25  
= 125.000 m<sup>3</sup>/tahun (LCM)  
= 125.000/50



$$\begin{aligned} &= 2.500 \text{ m}^3/\text{minggu} \\ &= 2.500/7 = 357,14 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 357,14/3 = 119,05 \text{ m}^3/\text{shift} \\ &= 119,05/7 = 17 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 17/60 = 0,28 \text{ m}^3/\text{menit (LCM)} \end{aligned}$$

- Jumlah *skip* =  $\frac{\text{Target produksi tambang}}{\text{Produksi 1 skip 0,15 m}^3/\text{menit}}$   
 $= \frac{0,28 \text{ m}^3/\text{menit}}{0,15 \text{ m}^3/\text{menit}} = 1,92 \approx 2$

- Jumlah alat angkut (*skip*) yang digunakan = 2 buah.
- Ukuran *compartment* (bila ukuran *skip* 1x1m dg tinggi 2 m) unuk 2 buah *skip* sbb :

Panjang *compartment*

$$\begin{aligned} &= 2 \times \text{clearance (kiri dan kanan)} + 2 \times \text{panjang sisi} \\ &\text{atas skip} + 2 \times \text{clearance antara bunton dg skip} + \\ &\text{tebal bunton.} \\ &= (2 \times 0,2) + (2 \times 1) + (2 \times 0,2) + 0,1 \\ &= 2,9 \text{ m} \approx 3 \text{ m} \end{aligned}$$

Lebar *compartment*

$$\begin{aligned} &= 2 \times \text{clearance} + \text{lebar skip} \\ &= (2 \times 0,2) + 1 = 1,4 \text{ m} \approx 1,5 \text{ m} \\ &\text{Jadi ukuran compartment untuk jalan angkut} = \\ &\quad \quad \quad 2,9 \text{ m} \times 1,4 \text{ m} \\ &\text{atau kurang lebih} \quad \quad \quad = 3 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \end{aligned}$$

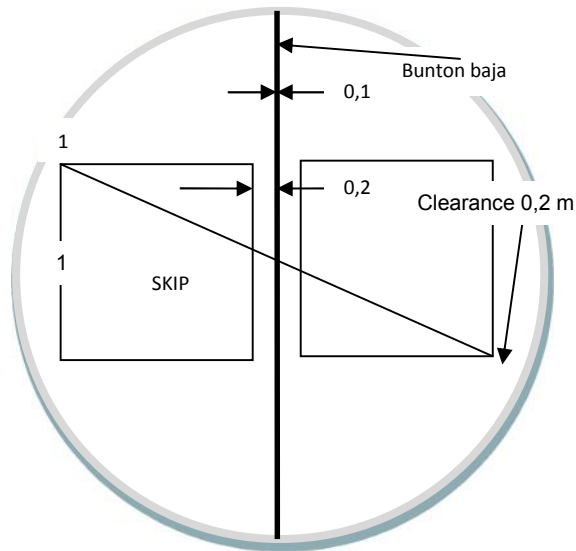
Catatan : bila menggunakan ukuran skip dari  $\sqrt[3]{2}$  dapat dihitung tersendiri dg cara yang sama seperti di atas.

Pada contoh kasus di atas, karena ada dua skip, maka ukuran Compartment untuk pengangkutan adalah 2,9 m x 1,4 m.

#### 4.5. Ukuran Minimum Penampang Shaft Khusus untuk pengangkutan Bijih

Ukuran penampang shaft untuk pengangkutan bijih, sangat ditentukan dari jumlah *compartment* dan ukuran *skip*-nya. Karena ada dua *skip* yang dipasang berpasangan, dengan ukuran *compartment* 2,9 m x 1,4 m, maka ukuran minimum shaft (setelah dipasang *liner*) adalah panjang diagonal ditambah 2 x *clearance*, atau  $\sqrt{(1 + 0,2 + 0,1 + 0,2 + 1)^2 + 1^2} + 2 (0,2)$ . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat ilustrasi pada Gambar 4.





Gambar 4.

Rancangan ukuran penampang shaft berdasarkan dimensi alat angkut skip

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pada bahasan sebelumnya, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Bentuk penampang sebuah shaft dipengaruhi oleh beberapa variable, salah satunya adalah umur shaft. Untuk umur pakai yang lama lebih dari 10 tahun direkomendasikan untuk menggunakan penampang shaft berbentuk lingkaran.
2. Rancangan geometri shaft, terutama ukuran penampang shaft dan ukuran *compartment* jalan angkutnya sangat dipengaruhi :
  - Tingkat produksi tambang yang direncanakan
  - Ukuran sisi atas alat angkut *skip* atau *cage*.
  - Jumlah *compartment* untuk jalan angkut *skip*
  - Kedalaman dan kemiringan endapan bahan galian.

4. Hustrulith, W.A., (1999), *Underground Mining Methods Handbook*, EAIM Engineering Inc., New York.
5. Nurkhamim, (2003), *Metode Pembuatan Raise*, Jurusan Teknik Pertambangan, UPN "Veteran" Yogyakarta.
6. Richards, R.L., (1998), *Shaft Engineering*, The Institute Mining and Metallurgy (IMM), London.
7. Yanto Indonesianto, (1998), *Persiapan Pembukaan Tambang Bawah Tanah*, Mahameru, Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta.
8. <http://www.amebc.ca/primer4.htm>
9. <http://wiki.queensu.ca/display/mine448/Mine+Shaft+Development>
10. <http://www.digistar.mb.ca/minsic/mining-support-system>.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Barr, G.W., (2004), *Mining In Manitoba, Intro to Mining Engineering*, Parker Collegiate, Manitoba, Canada.
2. Harmin, H., (1997), *Guide to Underground Mining Methods and Application*, Atlas Copco, Stockholm.
3. Hartman, H.L., (1987), *Introductory Mining Engineering*, The University of Alabama, John Wiley & Sons, Inc. New York